भौतिकी

अध्याय-10: तरंग प्रकाशिकी

SHIVOM CLASSES 8696608541

तरंग प्रकाशिकी

तरंग प्रकाशिकी (Wave Optics) विज्ञान की वह शाखा (Branch) होती है जिसमे प्रकाश का तरंगों के रूप में अध्ययन किया जाता है| प्रकाश, Energy का ही एक Form है तथा जब प्रकाश किसी वस्तु से परावर्तित होकर हमारी आँखों में जाता है तो इस प्रकाश के परावर्तन की घटना के कारण ही वह वस्तु हमें दिखाई देने लगती है|

तरंग प्रकाशिकी के महत्वपूर्ण बिंदु निम्न प्रकार से हैं-

1. प्रकाश सीधी सरल रेखा में चलता है।
2. प्रकाश तरंगें ईथर में अधिक वेग से चलती है क्योंकि ईथर भारहीन है। इसका घनत्व बहुत ही कम तथा प्रत्यास्थता बहुत अधिक होती है।
3. हाइगेंस के द्वितीयक तरंगिकाओं के सिद्धांत से प्रकाश के परावर्तन, अपवर्तन के नियमों की तथा प्रकाश के व्यतिकरण और विवर्तन की व्याख्या की जा सकती है। एवं इस सिद्धांत से प्रकाश विद्युत प्रभाव की व्याख्या नहीं की जा सकती है।
4. अपवर्तन की घटना में तरंग की चाल तथा तरंगदैर्ध्य का मान बदल जाता है जबकि तरंग की आवृत्ति नहीं बदलती है।
5. पानी में प्रकाश की चाल हवा में प्रकाश की चाल से कम होती है। क्योंकि पानी का अपवर्तनांक, हवा के अपवर्तनांक से अधिक होता है।
6. व्यतिकरण फ्रिजों की आकृति अतिपरवलयकार होती है।
7. व्यतिकरण फ्रिजों की चौड़ाई समान भी हो सकती है अथवा नहीं भी हो सकती है। लेकिन विवर्तन फ्रिजों की चौड़ाई कभी भी समान नहीं हो सकती है।
8. ध्रुवण की घटना केवल प्रकाश में ही होती है ध्वनि में ध्रुवण की परिघटना नहीं होती है।
9. पोलेराइड द्वारा अध्रुवित प्रकाश को ध्रुवित प्रकाश में परिवर्तित किया जाता है।

हाइगेंस का तरंग सिद्धांत (huygens wave theory)

इस सिद्धांत के अनुसार, प्रकाश तरंगों के रूप में गमन करता है प्रकाश स्रोत से निकलकर ये तरंगे चारों (सभी) दिशाओं में निर्वात में प्रकाश की चाल से चलती है। चूंकि प्रकाश तरंगों का संचरण होने के लिए माध्यम की आवश्यकता होती है। इसलिए वैज्ञानिक हाइगेंस ने एक ऐसे सभी गुण वाले माध्यम ' ईथर (ether) ' की कल्पना की। क्योंकि इसमें प्रकाश तरंग के संचरण होने के सभी गुण होते हैं तथा ईथर लगभग भारहीन होता है।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

निर्वात में प्रकाश की चाल 3×10^8 मीटर/सेकंड होती है। अतः ईथर का घनत्व बहुत कम होता है। एवं प्रत्यास्थता का गुण बहुत अधिक होता है तथा यह किसी भी माध्यम में प्रवेश कर सकता है। इस प्रकार के माध्यम में प्रकाश तरंगें अधिक से चलती हैं। जब यह तरंगे हमारी आंख के रेटिना पर गिरती है तो हमें वस्तु दिखाई देने लगती है।

हाइगेंस का द्वितीयक तरंगिकाओं का सिद्धांत

वैज्ञानिक हाइगेंस ने अपने सिद्धांत की परिकल्पना दी। जो निम्न है -

1. किसी माध्यम में स्थित प्रकाश स्रोत से जब तरंगे निकलती है तो स्रोत के सभी दिशाओं में स्थित माध्यम के कण गति (कंपन) करने लगते हैं। माध्यम का वह पृष्ठ जिसमें स्थित सभी कण समान कला में कंपन करते हैं तो उस पृष्ठ को तरंगाग्र कहते हैं। जब तरंग स्रोत से तरंग की दूरी बहुत अधिक हो जाती है तब तरंगाग्र समतल हो जाता है।
2. तरंगाग्र पर जितने भी माध्यम के कण उपस्थित होते हैं वह सभी कण एक नवीन (नए) तरंग स्रोत का कार्य करते हैं। इन नए तरंग स्रोत से सभी दिशाओं में तरंगे गमन करती हैं इन तरंगों को द्वितीयक तरंगिकाएं (huygens theory of secondary waves) कहते हैं। माध्यम में द्वितीयक तरंगिकाओं की चाल प्राथमिक तरंगों की चाल के बराबर ही होती है अर्थात् ये दोनों तरंगे समान चाल से चलती हैं।
3. यदि किसी समय गमन करती हुई द्वितीयक तरंगिकाओं का आवरण (envelope) या उन्हें स्पर्श करता हुआ पृष्ठ अगर खींचते हैं। तो यह आवरण उस समय तरंगाग्र की नई स्थिति प्रदर्शित करता है।

हाइगेंस के सिद्धांत की सफलताएं

1. इस सिद्धांत द्वारा प्रकाश के अपवर्तन तथा परावर्तन के नियमों की व्याख्या की जा सकती है।
2. इस सिद्धांत द्वारा प्रकाश के व्यतिकरण तथा विवर्तन की व्याख्या भी की जा सकती है।

हाइगेंस के सिद्धांत की असफलताएं

1. इस सिद्धांत में प्रकाश को अनुदैर्ध्य माना गया, जिस कारण यह सिद्धांत प्रकाश के ध्रुवण की व्याख्या नहीं कर सका।
2. इस सिद्धांत द्वारा प्रकाश विद्युत प्रभाव की व्याख्या नहीं की जा सकी।

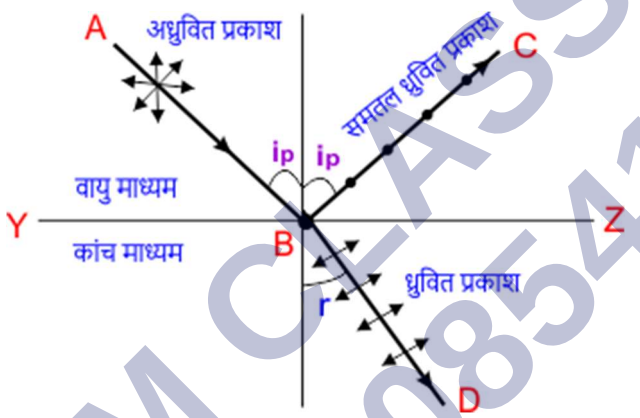
SHIVOM CLASSES 8696085541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

ब्रूस्टर का नियम

जब अध्रुवित प्रकाश किसी पारदर्शी माध्यम (जैसे कांच) के पृष्ठ पर परावर्तित होता है तो यह आज ध्रुवित प्रकाश संपूर्ण रूप से समतल ध्रुवित हो जाता है। वैज्ञानिक ब्रूस्टर ने मत दिया कि परावर्तित प्रकाश में ध्रुवित प्रकाश की मात्रा आपतन कोण पर निर्भर करती है। तथा एक विशेष आपतन कोण के लिए परावर्तित प्रकाश पूर्ण रूप से समतल ध्रुवित हो जाता है। इस आपतन कोण को ध्रुवण कोण कहते हैं। इसे i_p से प्रदर्शित करते हैं एवं इसके कंपन आपतन तल के लंबवत होते हैं।

ब्रूस्टर ने बताया कि पारदर्शी माध्यम के अपवर्तनांक तथा ध्रुवण कोण में निम्न संबंध होता है।



ब्रूस्टर का नियम

माना कांच का एक पृष्ठ है जिस पर AB आपतित किरण तथा BC परावर्तित किरण और BD अपवर्तित किरण है। इस पृष्ठ पर i_p आपतन कोण तथा r अपवर्तन कोण है तो स्नेल के नियम से

$$n = \frac{\sin i_p}{\sin r}$$ समी.①

चित्र द्वारा $\angle PBC + \angle CBD + \angle QBD = 180°$

तो $\angle i_p + \angle CBD + \angle r = 180°$ समी.②

चूंकि BC तथा BD परस्पर एक दूसरे के लंबवत है तो

$\angle CBD = 90°$

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

तथा $i_p + r = 90°$

या $r = 90° - i_p$

समी.① में r तथा ∠CBD का मान रखने पर

$$n = \frac{\sin i_p}{\sin(90 - i_p)}$$

$$n = \frac{\sin i_p}{\cos i_p}$$

$$\boxed{n = tani}$$

इस संबंध को ही ब्रूस्टर का नियम कहते हैं।

आपतन कोण तथा अपवर्तन कोण के बीच संबंध

समी. से

$$n = \frac{\sin i_p}{\sin r}$$

अब ब्रूस्टर के नियम से

$$n = \tan i_p$$

दोनों समीकरणों की तुलना करने पर

$$\tan i_p = \frac{\sin i_p}{\sin r}$$

$$\frac{\sin i_p}{\cos i_p} = \frac{\sin i_p}{\sin r}$$

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$$\sin r = \cos i_p$$

$$\sin r = \sin(90 - i_p)$$

$$r = 90 - i_p$$

$$\boxed{r + i_p = 90^\circ}$$

इस समीकरण से स्पष्ट है कि परावर्तित तथा अपवर्तित प्रकाश की किरणें परस्पर लंबवत होती हैं।

व्यतिकरण

व्यतिकरण किन्हीं दो तरंगों के बीच होने वाली घटना है। जब किसी माध्यम में समान आवृत्ति की दो तरंगे एक साथ समान (एक ही) दिशा में चलती हैं तो इनके अध्यारोपण से माध्यम के कुछ बिंदुओं पर परिणामी तीव्रता बहुत अधिक होती है। तथा इसके विपरीत माध्यम के कुछ बिंदुओं पर परिणामी तीव्रता बहुत कम होती है। तरंगों की इस घटना को व्यतिकरण interference कहते हैं।

व्यतिकरण का व्यंजक

माना किसी माध्यम में एक ही आवृत्ति की दो सरल आवर्त प्रगामी तरंगे हैं। जो समान दिशा में गति कर रही है जिनके आयाम क्रमशः a_1, a_2 हैं। एवं इनके बीच कलांतर ϕ है तथा इनकी तीव्रता I_1 व I_2 हैं तो परिणामी तीव्रता

$$\boxed{I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}\cos\Phi}$$

इस प्रकार स्पष्ट है कि किसी बिंदु पर परिणाम तीव्रता उस बिंदु पर मिलने वाली दोनों तरंगों के बीच कलांतर पर निर्भर करती है।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

संपोषी व्यतिकरण

व्यतिकरण के जिन बिंदुओं पर तीव्रता अधिकतम होती है उन बिंदुओं पर हुए व्यतिकरण को संपोषी व्यतिकरण (constructive interference) कहते हैं।

संपोषी व्यतिकरण के लिए $\cos\phi = +1$

चूंकि तीव्रता आयाम, के वर्ग के अनुक्रमानुपाती होती है इसलिए

$I \propto a^2$ या $I = ka^2$

तब परिणामी तीव्रता

$$I_{max} = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \times 1$$

$$I_{max} = \left(\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2}\right)^2$$ {$(a+b)^2$ के सूत्र से}

$$I_{max} = k(a_1 + a_2)^2$$

जिन बिंदुओं पर व्यतिकरण करने वाली तरंगें एक ही कला में मिलती है। इन बिंदुओं पर परिणामी तीव्रता अधिकतम होती है।

विनाशी व्यतिकरण

व्यतिकरण में जिन बिंदुओं पर तीव्रता न्यूनतम होती है उन बिंदुओं पर हुए व्यतिकरण को विनाशी व्यतिकरण (destructive interference) कहते हैं।

संपोषी व्यतिकरण के लिए $\cos\phi = -1$

चूंकि $I \propto a^2$ तथा $I = ka^2$

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

तब परिणामी तीव्रता

$$I_{min} = I1 + I2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \times -1$$

$$I_{min} = \left(\sqrt{I_1} - \sqrt{I_2}\right)^2$$ {$(a-b)^2$ के सूत्र से}

$$I_{min} = k(a_1 - a_2)^2$$

जिन बिंदुओं पर व्यतिकरण करने वाली तरंगें विपरीत कला में मिलती है। तो उन बिंदुओं पर परिणामी तीव्रता न्यूनतम होती है।

विवर्तन

जब किसी प्रकाश स्रोत तथा जिस पर प्रकाश गिर रहा है उस पर्दे के बीच में एक अपारदर्शी रोधक एवं इसमें एक छिद्र करके रख दिया जाता है। तो जब प्रकाश स्रोत से प्रकाश गिराया जाता है तो अपारदर्शी अवरोधक की छाया पर्दे पर बनती है। एवं अवरोधक पर छिद्र के कारण प्रकाश का प्रदीप्त क्षेत्र पर्दे पर प्राप्त होता है।
इस प्रकार हमें ज्ञात होता है कि प्रकाश ऋजुरेखीय पथ पर चलता है।

परंतु यदि अवरोधक तथा छिद्र का आकार छोटा कर दिया जाता है तो प्रकाश छिद्र के किनारों पर ऋजुरेखीय पथ से विचलित हो जाता है। एवं छिद्र के किनारों पर प्रकाश संपूर्ण रूप से मुड़ जाता है।
अतः प्रकाश का इस प्रकार छिद्र के किनारों से मोड़ने की प्रक्रिया को प्रकाश का विवर्तन (diffraction) कहते हैं।

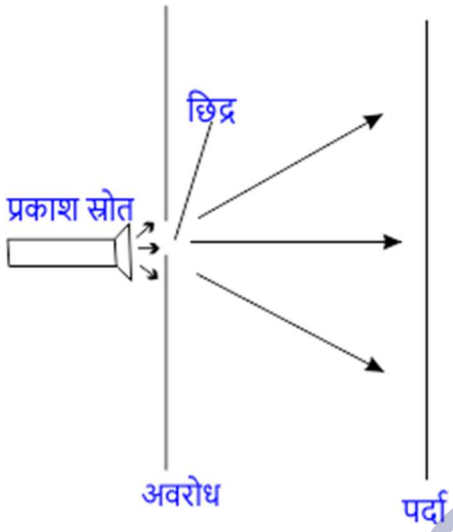
विवर्तन की परिभाषा

जब प्रकाश की किरणें किसी अवरोध अथवा छोटा छिद्र (झिर्री) पर पड़ती हैं। तो प्रकाश की किरणें छिद्र तथा अवरोध के किनारों की ओर आंशिक रूप से मुड़ जाती हैं। प्रकाश की किरणों का इस प्रकार मुड़ने की घटना को प्रकाश का विवर्तन कहते हैं।

प्रकाश के विवर्तन की घटना तभी घटित होती है जब छिद्र तथा अवरोध का आकार, प्रकाश की तरंगदैर्ध्य की कोटि का होना चाहिए।
अतः यह विवर्तन की एक आवश्यक शर्त है चित्र द्वारा स्पष्ट है।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)



प्रकाश का विवर्तन

फ्रेनल विवर्तन

फ्रेनल विवर्तन में प्रकाश स्रोत तथा वह पर्दा, जिस पर अवरोध की प्रतिछाया बनती है वह अवरोध अथवा द्वारक से कम दूरी पर स्थित होता है। इस प्रकार के विवर्तन में लेंसों की आवश्यकता नहीं होती है तथा इसमें आपाती तरंगाग्र (अवरोध से निकला हुआ प्रकाश) गोलाकार एवं बेलनाकार होता है।

फ्राउनहोफर विवर्तन

फ्राउनहोफर विवर्तन में प्रकाश स्रोत तथा वह पर्दा, जिस पर अवरोध की प्रतिछाया बनती है वह अवरोध अथवा द्वारक से अधिक दूरी पर स्थित होता है। इस प्रकार के विवर्तन में स्रोत तथा पर्दे को दो लेंसों के फोकस तलों में रखते है। तथा इसमें आपाती तरंगाग्र समतल होता है।

तरंगों में विवर्तन

तरंगों के लिए भी यही परिभाषा होगी -
विवर्तन तरंगों का एक महत्वपूर्ण गुण है। यह केवल तरंगों में ही दिखाई देता है कणों में नहीं। "तरंगों का अपने मार्ग से आने वाले अवरोध के किनारों पर आंशिक रूप से मुड़ना विवर्तन कहलाता है।"

प्रकाश का ध्रुवण

जब कोई प्रकाश की तरंग किसी टूरमैलीन क्रिस्टल पर गिरती है तो क्रिस्टल से तरंग के वे कंपन ही बाहर निकलते हैं जो क्रिस्टल की अक्ष के समांतर होते हैं। एवं बाकी कंपन क्रिस्टल

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

के कारण बाहर नहीं निकल पाते हैं वह रुक जाते हैं। तथा क्रिस्टल प्रकाश की तरंग के बाहर निकलने के बाद कंपन तरंग की चलने की लम्बवत् तल में सभी दिशाओं में समान रूप से न होकर केवल एक ही दिशा में होते हैं। इस प्रकार की तरंग को समतल ध्रुवित तरंग एवं घटना को प्रकाश का ध्रुवण (Polarisation of light) कहते हैं।

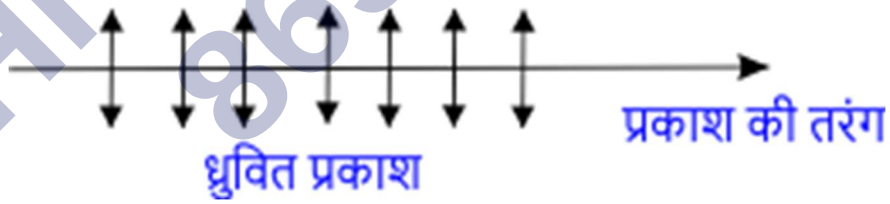
ध्रुवण की परिघटना केवल प्रकाश में ही होती है ध्वनि में यह घटना नहीं पाई जाती है। इसका कारण है कि प्रकाश की तरंगे अनुप्रस्थ तथा ध्वनि तरंगे अनुदैर्ध्य होती हैं।

अध्रुवित प्रकाश

वह प्रकाश जिसमें विद्युत वेक्टर के कंपन प्रकाश की तरंग के चलने की दिशा के लम्बवत् तल में, सभी दिशाओं में समान रूप से होते हैं। इस प्रकार के प्रकाश को अध्रुवित प्रकाश कहते हैं।

ध्रुवित प्रकाश

वह प्रकाश जिसमें विद्युत वेक्टर के कंपन प्रकाश की तरंग के चलने की दिशा के लम्बवत् तल में, सभी दिशाओं में समान रूप से न होकर केवल एक ही दिशा में होते हैं। इस प्रकार के प्रकाश को ध्रुवित प्रकाश कहते हैं।

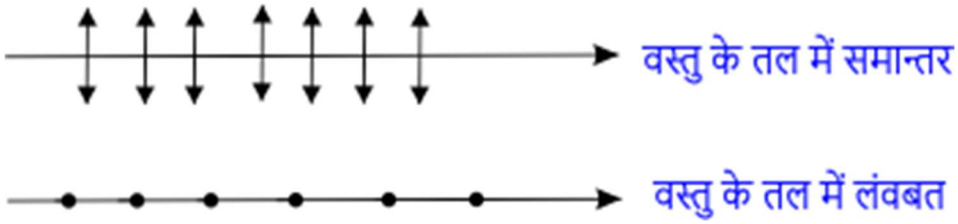


समतल ध्रुवित प्रकाश

यह ध्रुवित प्रकाश के जैसा ही होता है।
समतल ध्रुवित प्रकाश में कंपन केवल एक ही सीधी रेखा के अनुदेश होते हैं। जब कंपन वस्तु के तल के समांतर होते हैं तब समतल ध्रुवित प्रकाश को तीर द्वारा दर्शाया जाता हैं। तथा जब कंपन वस्तु के तल के लम्बवत् होते हैं तब समतल ध्रुवित प्रकाश को बिन्दुओं द्वारा दर्शाया जाता हैं।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)



समतल ध्रुवित प्रकाश तथा अध्रुवित प्रकाश में अन्तर

समतल ध्रुवित प्रकाश	अध्रुवित प्रकाश
इसमें विद्युत वेक्टर के कंपन प्रकाश के संचरण की दिशा के लम्बवत् तल में सभी दिशाओं में सममित रूप से न होकर केवल एक ही दिशा में होते हैं।	इसमें विद्युत वेक्टर के कंपन प्रकाश के संचरण की दिशा के लम्बवत् तल में सभी दिशाओं में सममित (समान) रूप से होते हैं।

पोलेराइड

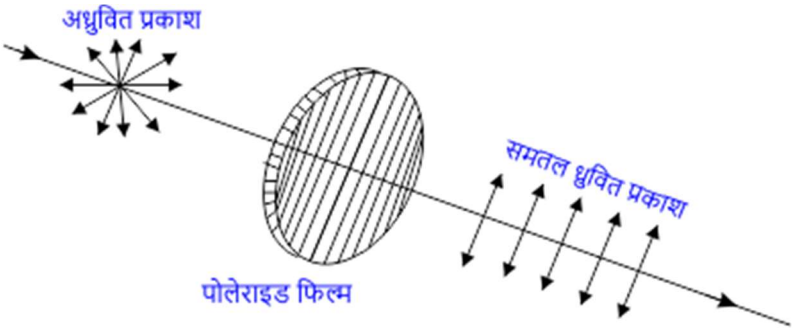
कार्बनिक यौगिक हारपेथाइट या आयोडो सल्फेट का क्यूनाइन के अति सूक्ष्म क्रिस्टल का नाइट्रो सेलुलोस की पतली चादर पर एक विशेष प्रकार की विधि द्वारा एक बड़े आकार की फिल्म बनाई जाती है। यह बड़े आकार की फिल्म ही पोलेराइड फिल्म होती है। इस पोलेराइड फिल्म को कांच की दो प्लेटों के बीच रखा जाता है। पोलेराइड, अध्रुवित प्रकाश को समतल ध्रुवित प्रकाश में परिवर्तित करने की एक विधि है।

पोलेराइड की कार्यविधि

जब अध्रुवित प्रकाश की एक किरण पुंज को पोलेराइड की फिल्म में से गुजारा जाता है तो पोलेराइड फिल्म केवल प्रकाश के उन घटकों को पार जाने देती है। जिनके विद्युत वेक्टर पोलेराइड फिल्म की ध्रुवण दिशा के समांतर कंपन करते हैं। इस प्रकार पोलेराइड फिल्म से बाहर निकले हुए प्रकाश के विद्युत वेक्टर एक ही दिशा में कंपन करते हैं।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)



पोलेराइड

अतः यह प्रकाश पूर्ण रूप से समतल ध्रुवित प्रकाश होता है।
इस प्रकार पोलेराइड द्वारा अध्रुवित प्रकाश को समतल ध्रुवित प्रकाश में परिवर्तित किया जाता है।

पोलेराइड द्वारा समतल ध्रुवित प्रकाश की पहचान करना

पोलेराइड द्वारा अध्रुवित प्रकाश को आंशिक रूप से ध्रुवित प्रकाश होने का पता लगाया जाता है।

1. किसी पोलेराइड को आपतित प्रकाश के परितः एक पूरा चक्कर घुमाने में यदि निर्गत प्रकाश की तीव्रता में कोई अंतर नहीं पड़ता है। तो आपतित प्रकाश अध्रुवित होता है।
2. यदि निर्गत प्रकाश की तीव्रता में कोई परिवर्तन होता है लेकिन किसी भी स्थिति में तीव्रता शून्य नहीं होती है। तो आपतित प्रकाश ध्रुवित होता है।
3. यदि निर्गत प्रकाश की तीव्रता में अंतर होता है तथा एक चक्कर में दो बार तीव्रता अधिकतम तथा दो बार तीव्रता शून्य हो जाती है। तो आपतित प्रकाश पूर्ण रूप से समतल ध्रुवित प्रकाश होता है।

पोलेराइड के उपयोग

1. पोलेराइड का सबसे महत्वपूर्ण उपयोग फोटो कैमरो में किया जाता है। इससे तस्वीरें स्पष्ट दिखाई देती है जिससे फोटो साफ खींचे जाते हैं।
2. पोलेराइड का उपयोग मोटर कारों की हेडलाइट में किया जाता है। इससे रात के समय सामने से आने वाले वाहन की लाइट से आंखों पर चकाचौंध नहीं पड़ती है।
3. जब सूक्ष्मदर्शी द्वारा अति सूक्ष्म जीव देखा जाता है तो वह स्पष्ट नहीं दिखता है। तथा यहां सूक्ष्मदर्शी में पोलेराइड का उपयोग करके जीव स्पष्ट दिखाई देता है।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

मेलस का नियम

जब किसी स्रोत से आने वाला पूर्ण रूप से ध्रुवित प्रकाश को किसी विश्लेषक पर गिराया जाता है तो विश्लेषक से बाहर निकलने वाले प्रकाश की तीव्रता, विश्लेषक की ध्रुवण दिशा तथा विश्लेषक पर आपतित प्रकाश की तीव्रता के बीच बने कोण की कोज्या (cosine) के वर्ग के अनुक्रमानुपाती होता है।

माना विश्लेषक से बाहर निकलने वाले प्रकाश की तीव्रता I तथा विश्लेषक व ध्रुवण दिशा के बीच बना कोण θ हो तो

मेलस के नियमानुसार

$$I \propto \cos^2\theta$$

$$\boxed{I = I_0\cos^2\theta}$$

जहां I_0 विश्लेषक पर आपतित, ध्रुवित प्रकाश की तीव्रता है। इसे ही मेलस का नियम (malus law) कहते हैं।

मेलस नियम की उत्पत्ति

माना किसी विश्लेषक पर आपतित ध्रुवित प्रकाश की तीव्रता I_0 तथा इसमें विद्युत वेक्टर के कंपन का आयाम a है। एवं इसकी दिशा तथा विश्लेषक की ध्रुवण दिशा के बीच का कोण θ है।

आयाम a को विश्लेषक की ध्रुवण दिशा के समांतर तथा लंबवत घटकों में वियोजित करने पर

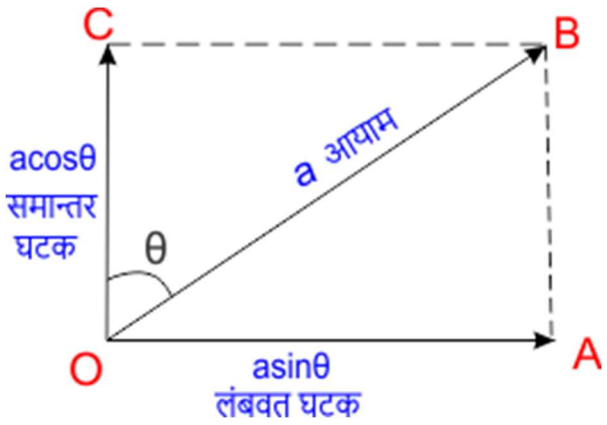
समांतर घटक = $a\cos\theta$

लंबवत घटक = $a\sin\theta$

विश्लेषक में से केवल समांतर घटक $a\cos\theta$ ही गुजर सकता है लंबवत घटक $a\sin\theta$ विश्लेषक से नहीं गुजर सकता है।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)



मेलस का नियम

अतः विश्लेषक से निर्गत प्रकाश की तीव्रता

$I \propto (a\cos\theta)^2$

$I = ka^2\cos^2\theta$ समी.①

मेलस के नियम के सूत्र से

$I = I_0\cos^2\theta$ समी.②

अब समी.① व समी.② की तुलना करने पर

$I_0\cos^2\theta = ka^2\cos^2\theta$

$I_0 = ka^2$ समी.③

समी.① से प्रकाश की तीव्रता

$I = ka^2\cos^2\theta$

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

अब समी.③ से ka^2 का मान रखने पर प्रकाश की तीव्रता

$$\boxed{I = I_0 \cos^2\theta}$$

यही मेलस का नियम है।

SHIVOM CLASSES
8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

NCERT SOLUTIONS

अभ्यास (पृष्ठ संख्या 385)

प्रश्न 1 589 न्यूटन मीटर तरंगदैर्ध्य का एकवर्णीय प्रकाश वायु से जल की सतह पर आपतित होता है-

a. परावर्तित। जल का अपवर्तनांक 1.33 है |

b. अपवर्तित प्रकाश की तरंगदैर्ध्य, आवृत्ति तथा चाल क्या होगी? जल का अपवर्तनांक 1.33 है।

उत्तर-

i. दिया है, आपतित प्रकाश की तरंगदैर्ध्य

$\lambda_1 = 589nm = 589 \times 10^9$ मीटर

वायु में प्रकाश की चाल c = 3 × 108 मी/से

तथा $a\mu\omega = 1.33$

- चूंकि परावर्तित प्रकाश की तरंगदैर्ध्य अपरिवर्तित रहती है, अतः परावर्तित प्रकाश की तरंगदैर्ध्य $\lambda_a = \lambda_1 = 589nm$
- चूंकि परावर्तन में माध्यम नहीं बदलता अतः परावर्तित प्रकाश की चाल c = 3 × 108मी/से
- सूत्र $c = \upsilon\lambda$ से

परावर्तित प्रकाश की आवृति $\upsilon = \frac{c}{\lambda}$

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$$= \frac{3\times10^{8}}{589\times10^{-9}} = 5.093 \times 10^{14}\text{Hz}$$

ii. दिया है, आपतित प्रकाश की तरंगदैर्घ्य

λ_1 = 589nm = 589 × 10^{9} मीटर

वायु में प्रकाश की चाल c = 3 × 108 मी/से

तथा aμω = 1.33

i. यदि तरंगदैर्घ्य $\lambda\omega$ हो, तो $a\mu\omega = \frac{\lambda_a}{\lambda_\omega}$

$$\therefore \lambda\omega = \frac{\lambda_a}{a\mu\omega} = \frac{589\times10^{-9}}{1.33} = 442.85 \times 10^{-9} \text{ मीटर}$$

$$= 442.85\text{nm}[\because 1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}]$$

ii. यदि प्रकाश की चल υ हो, तो

$$a\mu\omega = \frac{c}{\upsilon}$$

$$\therefore \upsilon = \frac{c}{a\mu\omega} = \frac{3\times10^{8}}{1.33} = 2.256 \times 10^{8} \text{ मीटर/ सेकंड}$$

iii. एक माध्यम से दूसरे माध्यम में जाने पर प्रकाश की आवृति नहीं बदलती।

अतः जल में अपवर्तित प्रकाश की आवृति = 5.093 × 10^{14}Hz

प्रश्न 2 निम्न दशाओं में प्रत्येक तरंगाग्र की आकृति क्या है?

a. किसी बिन्दु स्रोत से अपसरित प्रकाश।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

b. उत्तल लेन्स से निर्गमित प्रकाश, जिसके फोकस बिन्दु पर कोई बिन्दु स्रोत रखा है।

c. किसी दूरस्थ तारे से आने वाले प्रकाश तरंगाग्र का पृथ्वी द्वारा अवरोधित (पकड़ा) भाग।

उत्तर-

a. जब एक बिन्दु स्रोत से प्रकाश अपसरित होता है, तब तरंगाग्र गोलीय अभिसारी प्रकार का होता है।

b. जब बिन्दु स्रोत को उत्तल लेन्स के फोकस पर रखा जाता है, तब लेन्स से निर्गत प्रकाश किरणें एक दूसरे के समान्तर होती हैं तथा तरंगाग्र समतल होता है।

c. इस स्थिति में तरंगाग्र की आकृति लगभग समतल होती है क्योंकि प्रकाश स्रोत पृथ्वी से दूरस्थ तारा है,

अत: बड़े गोले के पृष्ठ पर छोटा क्षेत्रफल लगभग समतल है।

प्रश्न 3

काँच का अपवर्तनांक 1.5 है। काँच में प्रकाश की चाल क्या होगी? (निर्वात में प्रकाश की चाल 3.0×10 मीटर$^{-1}$ है।)

क्या काँच में प्रकाश की चाल, प्रकाश के रंग पर निर्भर करती है? यदि हाँ, तो लाल तथा बैंगनी में से कौन-सा रंग काँच के प्रिज्म में धीमा चलता है?

उत्तर-

a.

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

दिया हैं, $_{a}\mu_{g} = 1.5$

$c = 3.0 \times 10^{8} ms^{-1}$

काँच में प्रकाश की चाल $v = ?$

संबन्ध $\mu = \frac{c}{v}$ का उपयोग करके,

$$v_g = \frac{c}{_{a}\mu_{g}} = \frac{3\times10^{8}}{1.5} = 2 \times 10^{8} ms^{-1}$$

b. हाँ, काँच में प्रकाश की चाल इसके रंग पर निर्भर करती हैं। कोची सूत्र के अनुसार, अपवर्तनांक रंग पर निर्भर हैं।

$$\mu = a + \frac{b}{\lambda^2} + \frac{c}{\lambda^4} + \ldots$$

अथवा $\frac{c}{v} = a + \frac{b}{\lambda^2} + \ldots$

यहाँ υ- कांच में प्रकाश की चाल हैं।

चूँकि c, a तथा b नियत हैं। अतः υ का मान तरंगदैर्घ्य λ पर निर्भर करता हैं।

हम जानते हैं कि $\lambda_{\upsilon} < \lambda_{R}$ अर्थात बैंगनी रंग की तरंगदैर्घ्य लाल रेंग की तरंगदैर्घ्य से कम हैं,

इसलिए काँच में से बैंगनी प्रकाश लाल रंग की अपेक्षा धीमे चलेगा।a

प्रश्न 4 यंग के द्विझिरी प्रयोग में झिर्रियों के बीच की दूरी 0.28 मिलीमीटर है तथा परदा 1.4 मीटर की दूरी पर रखा गया है। केन्द्रीय दीप्त फ्रिन्ज एवं चतुर्थ दीप्त फ्रिन्ज के बीच की दूरी 1.2 सेंटीमीटर मापी गई है। प्रयोग में उपयोग किए गए प्रकाश की तरंगदैर्घ्य ज्ञात कीजिए।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

उत्तर- दिया हैं, d = 0.28mm = 0.28×10^{-3}m

D = 1.4m

M = 4

तथा $\chi_m = 1.2cm = 1.2 \times 10^{-2}m$

$\lambda = ?$

सूत्र, केंद्रीय फ्रिंज से η वीं दीप्त फ्रिंज की दुरी

$$\chi_m = \frac{D\lambda}{d}m$$

$$\therefore \lambda = \frac{\chi_m \times d}{D \times m} = \frac{1.2\times10^{-2}\times0.28\times10^{-3}}{14\times4}$$

$$= 6 \times 10^{-7}m = 6000\text{Å}$$

प्रश्न 5 यंग के द्विझिरी प्रयोग में, λ तरंगदैर्घ्य का एकवर्णीय प्रकाश उपयोग करने पर, परदे के एक बिन्दु पर जहाँ पथान्तर λ है, प्रकाश की तीव्रता K इकाई है। उस बिन्दु पर प्रकाश की तीव्रता कितनी होगी जहाँ पथान्तर $\frac{\lambda}{3}$ है?

उत्तर-

दिया हैं, जब पथान्तर = λ

तथा I_1 = K

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

जब पथान्तर $= \frac{\lambda}{3}$

तथा $I_2 = ?$

सूत्र $\theta = \frac{2\pi}{\lambda} . x$ से

$\theta_1 = \frac{2\pi}{\lambda} \times \lambda = 2\pi$

तथा $\theta_2 = \frac{2\pi}{\lambda} \times \frac{\lambda}{3} = \frac{2\pi}{3}$

अतः सूत्र $I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos q$ से

θ_1 कलांतर के लिए

$I' = I + I + 2\sqrt{I + I} \times \cos 2q$

$= 2I + 2I \times 1$

अथवा $I' = 4I = K$ दिया ...(i)

तथा θ_2 कलांतर के लिए

$I'' = I + I \times \sqrt{I + I} \times \cos \frac{2q}{3}$

$= 2I + I\left(-\frac{1}{2}\right)$

अथवा $I'' = I \ldots (ii)$

इसमें समीकरण (i) से $I' = \frac{K}{4}$ रखने पर,

$I'' = \frac{K}{4}$

SHIVOM CLASSES 8696608541

प्रश्न 6 यंग के द्विझिरी प्रयोग में व्यतिकरण फ्रिन्जों को प्राप्त करने के लिए 650 न्यूटन मीटर तथा 520 न्यूटन मीटर तरंगदैघ्र्यों के प्रकाश-पुंज का उपयोग किया गया।

a. 650 न्यूटन मीटर तरंगदैर्घ्य के लिए परदे पर तीसरे दीप्त फ्रिन्ज की केन्द्रीय उच्चिष्ठ से दूरी ज्ञात कीजिए।

b. केन्द्रीय उच्चिष्ठ से उस न्यूनतम दूरी को ज्ञात कीजिए जहाँ दोनों तरंगदैर्यों के कारण दीप्त फ्रिन्ज संपाती (मेल खाना) होते हैं। (दिया है, D = 120 सेंटीमीटर तथा d = 2 मिलीमीटर)

उत्तर-

a. दिया हैं, झिर्रियों के बिच की दुरी d = 2×10^{-3} मीटर

स्रोत से पर्दे की दुरी D = 1.20m

$$\lambda_1 = 650 \times 10^{-9}\text{m}$$

$$\lambda_2 = 520 \times 10^{-9}\text{m}$$

$$\eta = 3, \lambda = \lambda_1 = 650 \times 10^{-9}\text{m}, \text{d} = 2 \times 10^{-3}\text{m}$$

तथा $\text{D} = 1.20\text{m}, \chi_3 =$ (तीसरी फ्रिंज की केंद्रीय उच्चिष्ठ से दुरी) =?

सूत्र $\chi_\eta = \frac{\text{D}\lambda}{\text{d}} \times \eta$ से,

$$\chi_3 = \frac{1.20 \times 650 \times 10^{-9 \times 3}}{2 \times 10^{-3}} = 1.17 \times 10^{-3}\text{m}$$

b. दिया हैं, झिर्रियों के बिच की दुरी d = 2×10^{-3} मीटर

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

स्रोत से पर्दे की दुरी D = 1.20m

$$\lambda_1 = 650 \times 10^{-9}\text{m}$$

$$\lambda_2 = 520 \times 10^{-9}\text{m}$$

माना, λ_1 की η वीं फ्रिंज तथा λ_2 की $(\eta + 1)$ वीं फ्रिंज संपाति हैं।

तब, $\frac{(\eta+1)}{\eta} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$

अथवा $1 + \frac{1}{\eta} = \frac{650\times10^{-9}}{520\times10^{-9}} = \frac{5}{4}$

अथवा $\frac{1}{\eta} = \frac{5}{4} - 1 = \frac{1}{4}$

$\therefore \eta = 4$

$\therefore$ दुरी $\chi = \eta D\frac{\lambda_1}{d} = \frac{\eta D\lambda_1}{d}$

$= \frac{4\times1.20\times650\times10^{-9}}{2\times10^{-3}}$

$= 1.50 \times 10^{-3}\text{m}$

प्रश्न 7 एक द्विझिरी प्रयोग में एक मीटर दूर रखे परदे पर एक फ्रिन्ज की कोणीय चौड़ाई 0.2° पाई गई है। उपयोग किए गए प्रकाश की तरंगदैर्ध्य 600 न्यूटनमीटर है। यदि पूरा प्रायोगिक उपकरण जल में डुबो दिया जाए तो फ्रिन्ज की कोणीय चौड़ाई क्या होगी? जल का अपवर्तनांक $\frac{4}{3}$ लीजिए।

उत्तर- दिया हैं, D = 1.0m, वायु में λa = 600nm = 600 × 10^{-9}m

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

वायु में फ्रिंज की कोणीय चौड़ाई $\theta_a = 0.2°$

$_a\eta_\omega = \frac{4}{3}$, जल में फ्रिंज की कोणीय चौड़ाई $\theta_\omega = ?$

माना जल में प्रकाश की तरंगदैर्ध्य λ_ω हैं, तब

$$\frac{\lambda_a}{\lambda_\omega} = {}_a\eta_\omega \ldots (i)$$

पुनः वायु में फ्रिंज़ की कोणीय चौड़ाई $\theta_a = \frac{\lambda_a}{d}$

तथा जल में फ्रिंज की कोणीय चौड़ाई $\theta_\omega = \frac{\lambda_\omega}{d}$

$$\therefore \frac{\theta_\omega}{\theta_a} = \frac{\lambda_\omega}{\lambda_a} \Rightarrow \theta_\omega = \frac{1}{{}_a\eta_\omega} \times \theta_a = \frac{3}{4} \times 0.2° = 0.15°$$

प्रश्न 8 वायु से काँच में संक्रमण (transition) के लिए बूस्टर कोण क्या है? (काँच का अपवर्तनांक = 1.5)।

उत्तर-

बूस्टर के नियम से, $\eta = \tan ip$

बूस्टर कोण अर्थात् ध्रुवण कोण $ip = \tan^{-1}\eta$

यहाँ $\eta = 1.5$ अतः $ip = \tan^{-1}(1.5) = 56.3°$

प्रश्न 9 5000A° तरंगदैर्घ्य का प्रकाश एक समतल परावर्तक सतह पर आपतित होता है। परावर्तित प्रकाश की तरंगदैर्ध्य एवं आवृत्ति क्या है? आपतन कोण के किस मान के लिए परावर्तित किरण आपतित किरण के लम्बवत होगी?

SHIVOM CLASSES 8696608541

उत्तर-

यहाँ $\lambda = 5000\text{Å} = 5000 \times 10 - 10$ मीटर $= 5 \times 10^{-7}$

वायु में प्रकाश की चाले c = 3 × 108 मी/से

वायु में प्रकाश की आवृत्ति

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3\times10^{8}\text{m/s}}{5\times10^{-7}\text{m}} = 6 \times 10^{14}\text{s}^{-1}$$

आपतित तथा परावर्तित किरण दोनों एक ही माध्यम (वायु) में होंगे।

अतः परावर्तित प्रकाश की तरंगदैर्घ्य = आपतित प्रकाश की तरंगदैर्घ्य

$= 5000\text{Å}$

परावर्तित प्रकाश की आवृत्ति = आपतित प्रकाश की आवृत्ति = 6×10^{14}Hz

परावर्तन कोण r = आपतन कोण i

तथा परावर्तित किरण आपतित किरण के लम्बवत् है;

अतः I + r = 90°, I + I = 90°

वांछित आपतन कोण I = 45°

प्रश्न 10 उस दूरी का आकलन कीजिए जिसके लिए किसी 4 मिलीमीटर के आकार के द्वारक तथा 400 न्यूटनमीटर तरंगदैर्घ्य के प्रकाश के लिए किरण प्रकाशिकी सन्निकट रूप से लागू होती है।

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

उत्तर-

दिया है, $\lambda = 400nm = 400 \times 10^{-9}m$, $d = 4 \times 10^{-3}m$

माना एकल झिरीं विवर्तन प्रतिरूप में प्रथम निम्निष्ठ केन्द्रीय उच्चिष्ठ से θ_1 कोण पर प्राप्त होता है,

$$\sin\theta_1 = \frac{\lambda}{d} \text{ यदि } \theta_1 \text{ छोटा हैं तो } \sin\theta_1 = \theta$$

$$\therefore \theta_1 = \frac{\lambda}{d}$$

यदि परदे की रेखाछिद्र से दुरी D हैं तो

केंद्रीय उच्चिष्ठ की रेखीय चौड़ाई

$$x = D\theta_1 = \frac{D\lambda}{d}$$

माना किरण प्रकाशिकी अधिकतम Z_F दुरी तक लागु होती हैं, तब

$$D = Z_F \text{ पर, } x = d$$

$$\therefore d = \frac{Z_F \times \lambda}{d}$$

$$\Rightarrow Z_F = \frac{d^2}{\lambda} = \frac{(4\times10^{-3})^2}{400\times10^{-9}} = 40m$$

अतिरिक्त अभ्यास (पृष्ठ संख्या 386-387)

प्रश्न 11 एक तारे में हाइड्रोजन से उत्सर्जित 6563Å की Hα लाइन में 15Å का अभिरक्त-विस्थापन (red-shift) होता है। पृथ्वी से दूर जा रहे तारे की चाल का आकलन कीजिए।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

उत्तर-

दिया है, $\lambda = 6563\text{Å}$, अभिरक्त विस्थापन $\Delta\lambda = 15\text{Å}$

तारे की चाल = ?

प्रकाश की चाल $c = 3 \times 108 ms^{-1}$

सूत्र $\Delta\lambda = \frac{\nu\lambda}{c}$ से,

तारे की चाल $\nu = \frac{c\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{3\times10^8\times15}{6563} = 6.86 \times 10^5 ms^{-1}$

प्रश्न 12 किसी माध्यम (जैसे जल) में प्रकाश की चाल निर्वात में प्रकाश की चाल से अधिक है। न्यूटन के कणिका सिद्धान्त द्वारा इस आशय की भविष्यवाणी कैसे की गई। क्या जल में प्रकाश की चाल प्रयोग द्वारा ज्ञात करके इस भविष्यवाणी की पुष्टि हुई? यदि नहीं, तो प्रकाश के चित्रण का कौन-सा विकल्प प्रयोगानुकूल है?

उत्तर-

न्यूटन के कणिका सिद्धान्त के अनुसार जब प्रकाश किसी विरल माध्यम से सघन माध्यम में प्रवेश करता है तो प्रकाश कणिकाओं पर, माध्यमों की सीमा पृष्ठ के अभिलम्बवत् दिशा में एक आकर्षण बल (विरल से सघने माध्यम की ओर) कार्य करने लगता है। इस बल के कारण कणिकाओं को, सीमा पृष्ठ के अभिलम्बवत् घटक बढ़ने लगता है, जबकि सीमा पृष्ठ के समान्तर घटक अपरिवर्तित रहता है। इससे प्रकाश किरण अभिलम्ब की ओर झुकती हुई सघन माध्यम में अपवर्तित हो जाती है।

सीमा पृष्ठ का समान्तर घटक अपरिवर्तित रहता है:

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

अतः $\nu_1 \sin i = \nu_2 \sin r$

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\nu_2}{\nu_1} = \eta_{21}$$

दूसरा माध्यम सघन हैं;

अतः $\eta_{21} > 1$

$\nu_2 > \nu_1$

परन्तु प्रयोग द्वारा न्यूटन की इस भविष्यवाणी की पुष्टि नहीं हो पाई अपितु इसके विपरीत प्रयोग द्वारा यह ज्ञात हुआ कि सघन माध्यम में प्रकाश की चाल विरल माध्यम की तुलना में कम हाती है। इससे न्यूटन के कणिका सिद्धान्त को अमान्य करार दिया गया और हाइगेन्स के तरंगिका सिद्धान्त को मान्यता मिल गई।

इससे ज्ञात होता है कि हाइगेन्स का तरंगिका सिद्धान्त प्रयोग संगत है।

प्रश्न 13 आप मूल पाठ में जान चुके हैं कि हाइगेन्स का सिद्धान्त परावर्तन और अपवर्तन के नियमों के लिए किस प्रकार मार्गदर्शक है। इसी सिद्धान्त का उपयोग करके प्रत्यक्ष रीति से निगमन (deduce) कीजिए कि समतल दर्पण के सामने रखी किसी वस्तु का प्रतिबिम्ब आभासी बनता है, जिसकी दर्पण से दूरी, बिम्ब से दर्पण की दूरी के बराबर होती है।

उत्तर- एक बिन्दु बिम्ब तथा एक समतल दर्पण लीजिए। बिन्दु बिम्ब को केन्द्र मानते हुए तथा दर्पण को स्पर्श करते हुए एक वृत्त खींचिए। यह बिम्ब से चलकर दर्पण तक पहुँचने वाले गोलीय तरंगाग्र का समतलीय भाग है। अब t समय पश्चात् दर्पण की उपस्थिति में तथा अनुपस्थिति में इस तरंगाग्र की स्थितियाँ आरेखित कीजिए। इस प्रकार दर्पण के दोनों ओर सर्वत्रसम चाप प्राप्त होंगे।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

इनमें से एक परावर्तित तरंगाग्र है। (पहचानिए)। सरल ज्यामिति के उपयोग से देखा जा सकता है कि परावर्तित तरंगाग्र का केन्द्र (बिम्ब को प्रतिबिम्ब) दर्पण से बिम्ब के बराबर दूरी पर है।

प्रश्न 14 तरंग संचरण की चाल को प्रभावित कर सकने वाले कुछ सम्भावित कारकों की सूची है

i. स्रोत की प्रकृति,
ii. संचरण की दिशा,
iii. स्रोत और/ या प्रेक्षक की गति,
iv. तरंगदैर्घ्य, तथा
v. तरंग की तीव्रता।

बताइए कि .....

a. निर्वात में प्रकाश की चाल,
b. किसी माध्यम (माना काँच या जल) में प्रकाश की चाल इनमें से किन कारकों पर निर्भर करती है?

उत्तर-

a. निर्वात् में प्रकाश की चाल एक सार्वत्रिक नियतांक है जो उपर्युक्त में से किसी भी कारक पर निर्भर नहीं करती। यहाँ तक कि स्रोत व प्रेक्षक के बीच आपेक्षिक गति पर भी नहीं।
b. किसी माध्यम में प्रकाश की चाल:

i. स्रोत की प्रकृति,
ii. संचरण की दिशा,

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

iii. स्रोत तथा माध्यम के बीच आपेक्षिक गति, तथा

iv. तरंग की तीव्रता पर निर्भर नहीं करती।

परन्तु यह,

a. माध्यम तथा प्रेक्षक के बीच आपेक्षिक गति, तथा

b. प्रकाश की तरंगदैर्ध्य पर निर्भर करती है।

प्रश्न 15 ध्वनि तरंगों में आवृत्ति विस्थापन के लिए डॉप्लर का सूत्र निम्नलिखित दो स्थितियों में थोड़ा-सा भिन्न है-

- स्रोत विरामावस्था में तथा प्रेक्षक गति में हो।
- स्रोत गति में परन्तु प्रेक्षक विरामावस्था में हो।

जबकि प्रकाश के लिए डॉप्लर के सूत्र निश्चित रूप से निर्वात में, इन दोनों स्थितियों में एकसमान हैं। ऐसा क्यों है? स्पष्ट कीजिए। क्या आप समझते हैं कि ये सूत्र किसी माध्यम में प्रकाश गमन के लिए भी दोनों स्थितियों में पूर्णतः एकसमान होंगे?

उत्तर- निर्वात् में गतिमान प्रकाश के लिए डॉप्लर प्रभाव में प्रेक्षक द्वारा ग्रहण किए गए प्रकाश की आभासी आवृत्ति दोनों ही दशाओं में समान होती है। भले ही दर्शक, स्थिर स्रोत की ओर गति कर रहा हो अथवा स्रोत समान चाल से दर्शक की ओर गतिमान हो। इस प्रकार प्रकाश में डॉप्लर प्रभाव सममित है। दूसरी ओर ध्वनि तरंगों को चलने के लिए माध्यम की आवश्यकता होती है, इसलिए भले ही चाहे उक्त दोनों स्थितियों में प्रेक्षक तथा स्रोत के बीच समान आपेक्षिक गति होने के कारण ये स्थितियाँ समान प्रतीत होती हैं परन्तु वे समान नहीं हैं। ऐसा इस कारण से है कि दोनों दशाओं

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

में प्रेक्षक का माध्यम के सापेक्ष वेग भिन्न-भिन्न है। अतः उक्त दोनों दशाओं में सुनी गई ध्वनि की आभासी आवृत्तियाँ समान नहीं हो सकतीं।

यदि किसी माध्यम में प्रकाश की गति की बात की जाए तो पुनः दोनों स्थितियाँ अलग-अलग हो जाएँगी चूंकि दोनों स्थितियों में प्रेक्षक का माध्यम के सापेक्ष वेग भिन्न-भिन्न होगा।

अतः इस दशा में प्रेक्षक द्वारा ग्रहण किए गए प्रकाश की आवृत्ति के भिन्न डॉप्लर सूत्रों की अपेक्षा की जानी चाहिए।

प्रश्न 16 द्विझिरी प्रयोग में, 600 न्यूटनमीटर तरंगदैर्घ्य का प्रकाश करने पर, एक दूरस्थ परदे पर बने फ्रिज की कोणीय चौड़ाई 0.1° है। दोनों झिर्रियों के बीच कितनी दूरी है?

उत्तर- दिया हैं, फ्रिंज की कोणीय चौड़ाई $\theta = 0.1°$

$= 0.1 \times \frac{\pi}{180}$ रेडियन

प्रकाश की तरंगदैर्घ्य $\lambda = 600\text{nm} = 600 \times 10^{-9}$ मीटर $[\because 1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}]$

झिर्रियों के बिच की दुरी d = ?

फ्रिंज की कोणीय चौड़ाई के सूत्र

$\mathrm{d} = \frac{\lambda}{\mathrm{d}}$ से,

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$$d = \frac{\lambda}{\theta} = \frac{600\times10^{-9}}{\left(0.1\times\frac{\pi}{180}\right)}$$

$$= \frac{6\times10^{-7}\times180}{0.1\times3.14}$$

$$= 3.44 \times 10^{-4} \text{ मीटर}$$

प्रश्न 17 निम्नलिखित प्रश्न का उत्तर दीजिए-

a. एकल झिरी विवर्तन प्रयोग में, झिरीं की चौड़ाई मूल चौड़ाई से दोगुनी कर दी गई है। यह केन्द्रीय विवर्तन बैंड के साइज तथा तीव्रता को कैसे प्रभावित करेगी?

b. द्विझिरी प्रयोग में, प्रत्येक झिरी का विवर्तन, व्यतिकरण पैटर्न से किस प्रकार सम्बन्धित है?

c. सुदूर स्रोत से आने वाले प्रकाश के मार्ग में जब एक लघु वृत्ताकार वस्तु रखी जाती है तो वस्तु की छाया के मध्य एक प्रदीप्त बिन्दु दिखाई देता है। स्पष्ट कीजिए क्यों?

d. दो विद्यार्थी एक 10m ऊँची कक्ष विभाजक दीवार द्वारा 7m के अन्तर पर हैं। यदि ध्वनि और प्रकाश दोनों प्रकार की तरंगें वस्तु के किनारों पर मुड़ सकती हैं तो फिर भी वे विद्यार्थी एक-दूसरे को देख नहीं पाते यद्यपि वे आपस में आसानी से वार्तालाप किस प्रकार कर पाते हैं?

e. किरण प्रकाशिकी, प्रकाश के सीधी रेखा में गति करने की संकल्पना पर आधारित है। यद्यपि विवर्तन प्रभाव (जब प्रकाश का संचरण एक द्वारक/ झिरी या वस्तु के चारों ओर प्रेक्षित किया जाए) इस संकल्पना को नकारता है तथापि किरण प्रकाशिकी की संकल्पना प्रकाशकीय यन्त्रों में प्रतिबिम्बों की स्थिति तथा उनके दूसरे अनेक गुणों को समझने के लिए सामान्यतः उपयोग में लाई जाती है। इसका क्या औचित्य है?

उत्तर-

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

a. ∵ केंद्रीय विवर्तन बैंड की चौड़ाई

अत: झिरीं की चौड़ाई दोगुनी करने पर, केन्द्रीय विवर्तन बैंड की चौड़ाई आधी रह जाएगी, जबकि तीव्रता चार गुनी (तीव्रता ∝ झिरीं का क्षेत्रफल) हो जाएगी।

b. द्विझिरीं प्रयोग में व्यतिकरण पैटर्न की फ्रिन्ज एकल झिरीं विवर्तन पैटर्न की फ्रिन्जों के साथ अध्यारोपित होती हैं।

c. वृत्तीय अवरोध के किनारों से विवर्तित तरंगें जब वस्तु की छाया के मध्य बिन्दु पर मिलती हैं तो वहाँ पथान्तर शून्य होने के कारण परस्पर संपोषी व्यतिकरण करती हैं:

अत: वहाँ चमकदार बिन्दु दिखाई पड़ता है।

d. दीवार की ऊँचाई 10m, ध्वनि तरंगों की तरंगदैर्घ्य की कोटि की है; अत: यह ध्वनि तरंगों में पर्याप्त विवर्तन उत्पन्न करती है और एक विद्यार्थी की ध्वनि दीवार से विवर्तित होकर दूसरे विद्यार्थी तक पहुँच जाती है। वहीं प्रकाश की तरंगदैर्घ्य, दीवार की ऊँचाई की तुलना में अत्यन्त सूक्ष्म है: अत: दीवार प्रकाश तरंगों में पर्याप्त विवर्तन उत्पन्न नहीं कर पाती। इसी कारण विद्यार्थी एक-दूसरे को नहीं देख पाते।

e. सामान्यतः प्रकाशिक यन्त्रों में प्रयुक्त लेन्सों के द्वारकों का साइज प्रकाश की तरंगदैर्घ्य की तुलना में काफी बड़ा होता है: अत: इन यन्त्रों द्वारा बने प्रतिबिम्बों में विवर्तन का प्रभाव नगण्य ही रहता है। यही कारण है कि प्रतिबिम्बों की स्थिति तथा अन्य गुणों को समझने के लिए प्रायः किरण प्रकाशिकी का ही प्रयोग किया जाता है।

प्रश्न 18 दो पहाड़ियों की चोटी पर दो मीनारें एक-दूसरे से 40 किलोमीट की दूरी पर हैं। इनको जोड़ने वाली रेखा मध्य में आने वाली किसी पहाड़ी के 50 मीटर ऊपर से होकर गुजरती है। उन

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

रेडियो तरंगों की अधिकतम तरंगदैर्घ्य ज्ञात कीजिए, जो मीनारों के मध्य बिना पर्याप्त विवर्तन प्रभाव के भेजी जा सकें?

उत्तर- फ्रेजनल दूरी तय करने पर ही तरंग प्रभाव ज्यामितीय प्रभाव पर हावी हो जाता है।

अत: फ्रेजनल दूरी $Z_F = \frac{d^2}{\lambda}$ जहाँ d = 50 मीटर

तथा $Z_F = \left(\frac{40}{2}\right)km = 20km = 20 \times 10^3 m$

$$\lambda_{\text{अधितम}} = \frac{d^2}{Z_F} = \frac{(50m)^2}{20 \times 10^3 m}$$

$$12.5 \times 10^{-2} m = 12.5cm$$

प्रश्न 19 500 pm तरंगदैर्ध्य का एक समान्तर प्रकाश-पुंज एक पतली झिरीं पर गिरता है तथा 1 मीटर दूर परदे पर परिणामी विवर्तन पैटर्न देखा जाता है। यह देखा गया कि पहला निम्निष्ठ परदे पर केन्द्र से 2.5 मिलीमीटर दूरी पर है। झिरीं की चौड़ाई ज्ञात कीजिए।

उत्तर- विवर्तन प्रारूप में निम्निष्ठों के लिए $e \sin\theta = m\lambda$...(i)

प्रथम कोटि के निम्निष्ठों के लिए m = 1 तथा विवर्तन कोण 8 के छोटे मानों के लिए

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

$$\sin\theta = \tan\theta \sim \theta = \frac{x}{D}$$

यहाँ x = 2.5मिमी = 2.5×10^{-3} मीटर; D = 1 मीटर,

$$\lambda = 500 \times 10^{-9}\text{m} = 5 \times 10^{-7}\text{m}$$

$\therefore$ सूत्र (i) से, $e \times \frac{x}{D} = 1 \times \lambda$

या $e\frac{D\lambda}{x} = \frac{1\times(5\times10^{-7})}{2.5\times10^{-3}}$

$= 2.0 \times 10^{-3}\text{m}$

$= 0.2\text{mm}$

प्रश्न 20 निम्नलिखित प्रश्न का उत्तर दीजिए-

a. जब कम ऊँचाई पर उड़ने वाला वायुयान ऊपर से गुजरता है तो हम कभी-कभी टेलीविजन के परदे पर चित्र को हिलते हुए पाते हैं। एक सम्भावित स्पष्टीकरण सुझाइए।

b. जैसा कि आप मूल पाठ में जान चुके हैं कि विवर्तन तथा व्यतिकरण पैटर्न में तीव्रता का वितरण समझने का आधारभूत सिद्धान्त तरंगों का रेखीय प्रत्यारोपण है। इस सिद्धान्त की तर्कसंगति क्या है?

उत्तर-

a. ऐसा टेलीविजन के एन्टीना तक सीधे पहुंचने वाले तथा हवाई जहाज से टकराकर एन्टीना तक पहुँचने वाले संकेतों के बीच होने वाले व्यतिकरण के कारण होता है।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)

b. तरंग गति को नियन्त्रित करने वाले अवकल समीकरण का चरित्र रेखीय होता है। यदि y_1 तथा y_2 ऐसे किसी समीकरण के दो अलग-अलग हल हैं तो $y_1 + y_2$ भी इस समीकरण का एक हल होगा (रेखीय अवकल समीकरण का गुण)। यही गुण तरंगों के रेखीय प्रत्यारोपण को तर्कसंगत ठहराता है।

प्रश्न 21 एकल झिरी विवर्तन पैटर्न की व्युत्पत्ति में कथित है कि $\frac{n\lambda}{a}$ कोणों पर तीव्रता शून्य है। इस निरसन (cancillation) को, झिरीं को उपयुक्त भागों में बाँटकर सत्यापित कीजिए।

उत्तर- माना e चौड़ाई की एकल झिरीं n छोटी झिर्रियों में बाँटी गयी है।

अत: प्रत्येक झिर्रा की चौड़ाई

विवर्तन कोण $a\theta = n\left(\frac{\lambda}{e}\right) = \frac{\lambda}{\left(\frac{e}{n}\right)} = \frac{\lambda}{e'}$

अतः n झिर्रियों में से प्रत्येक θ कोण की दिशा में शून्य तीव्रता प्रेरित करती है जिनमें प्रत्येक की चौड़ाई e' है।

अतः परिणामस्वरूप n झिर्रियों की तीव्रताओं का परिणामी भी शून्य ही होगा।

SHIVOM CLASSES 8696608541

SHIVOM CLASSES - WhatsApp for Notes (8696608541)